

5367-54

## Forming ohmic contact on p-conductive semiconductor layer

Patent Number: DE4401858  
Publication date: 1995-07-27  
Inventor(s): GERNER JOCHEN DIPL PHYS (DE)  
Applicant(s): TELEFUNKEN MICROELECTRON (DE)  
Requested Patent: ☐ DE4401858  
Application Number: DE19944401858 19940122  
Priority Number(s): DE19944401858 19940122  
IPC Classification: H01L21/283  
EC Classification: H01L21/285B6, H01L29/45B  
Equivalents:

### Abstract

The ohmic contact is formed on a III-V combined semiconductor in subsequent steps. First an Au/Au Zn/Au laminate (2) is deposited on a p-conductive semiconductor layer by first depositing an Au film (2a), followed by simultaneous deposit of an Au Zn film (2b), with final deposition of an Au film (2c). The Zn content in the AuZn film is between 0.2 and 12% wt.. The follow tempering of the Au/Zn/Au laminate by a temp. below the eutectic one. Pref. the Zn content of the AuZn film is between 2 and 5% wt.. Rapid thermal processing at 360 to 480 deg.C is used for the tempering.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

DE 3

5367-54



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Pat ntschrift  
10 DE 44 01 858 C 2

51 Int. Cl.<sup>8</sup>:  
H 01 L 21/285  
H 01 L 21/60  
H 01 L 29/45

21 Aktenzeichen: P 44 01 858.4-33  
22 Anmeldetag: 22. 1. 94  
43 Offenlegungstag: 27. 7. 95  
45 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 18. 7. 96

DE 4401858 C 2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:

TEMIC TELEFUNKEN microelectronic GmbH, 74072  
Heilbronn, DE

72 Erfinder:

Gerner, Jochen, Dipl.-Phys., 69168 Wiesloch, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

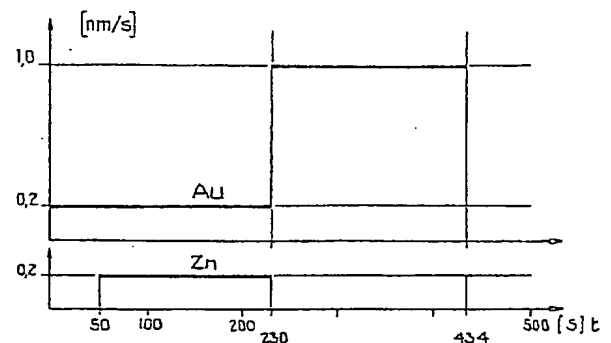
US 45 53 154  
US 37 02 290  
EP 03 86 775 A1  
JP 54-1 52 483 A

YICHENG LU, T.S. KALKUR, et al.: Rapid Thermal  
Alloyed Ohmic Contacts to p-Type GaAs, In: J.  
Electrochem. Soc., Vol.136, No.10, Oct.1989,  
S.3123-3129;

KAMINSKA, E., et al.: INTERACTION OF AU/ZN/AU  
SANDWICH CONTACT LAYERS WITH A<sup>111</sup>B<sup>V</sup>  
COMPOUND SEMICONDUCTORS, In: Solid State  
Electronics, Vol.29, No.3, 1986, S.279-286;  
Gopen, H.J. and Yu, A.Y.C.: Ohmic contacts to  
epitaxial p-GaAs, In: Solid State Electronics 1971,  
Vol. 14, pp. 515-517;

54 Verfahren zur Herstellung eines ohmschen Kontaktes auf P-leitenden III-V-Verbindungshalbleiter

- 57 Verfahren zur Herstellung eines ohmschen Kontakts auf einer p-leitenden Halbleiterschicht (1) eines III-V-Verbindungshalbleiters, mit folgenden Verfahrensschritten:  
a) In einem ersten Verfahrensschritt wird eine Au/AuZn/Au-Schichtenfolge (2) auf der Halbleiterschicht (1) hergestellt, indem zunächst eine Gold (Au)-Schicht (2a), anschließend durch simultane Verdampfung oder Kathodenzerstäubung von Gold (Au) und Zink (Zn) eine AuZn-Schicht (2b) und schließlich eine weitere Gold (Au)-Schicht (2c) abgeschieden wird, wobei der Zinkgehalt der AuZn-Schicht (2b) zwischen 0,2 und 12 Gew.% liegt und  
b) in einem zweiten Verfahrensschritt wird die Au/ AuZn/Au-Schichtenfolge (2) mit einer unter der eutektischen Temperatur liegenden Temperatur getempert.



DE 4401858 C 2

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von ohmschen Kontakten auf einer p-leitenden Halbleiterschicht eines III-V-Verbindungshalbleiters.

Als ohmsche Kontakte für p-leitendes Gallium-Arsenid (GaAs) werden in der industriellen Halbleitertechnik überwiegend Gold-Beryllium (AuBe)- und Gold-Zink (AuZn)-Legierungen eingesetzt. Wegen der Toxizität von Beryllium fällt die Entscheidung bei der Auswahl des Kontaktmetalls häufig zugunsten von Gold-Zink aus. Das Aufbringen einer Metallschicht aus einer Gold-Zink-Legierung kann grundsätzlich auf unterschiedliche Weise erfolgen. Entweder wird als Abscheidungsmaterial eine Gold-Zink-Legierung verwendet oder es kommen zwei unabhängige Quellen aus Gold und Zink zum Einsatz.

Wird mit einer Gold-Zink (AuZn)-Legierung als Verdampfungsmaterial gearbeitet, so hat der bei den Verdampfungsbedingungen im Vergleich zum Gold wesentlich höhere Dampfdruck von Zink zur Folge, daß der größte Teil des Zinks vor dem Gold abgeschieden wird. Dadurch wird die Metallschicht inhomogen und die Zinkkonzentration in der Nachbarschaft der Grenzfläche zwischen Metallschicht und Halbleiterkristall sehr hoch. Das ist aus mehreren Gründen unerwünscht. Einerseits haftet Zink sehr schlecht auf Gallium-Arsenid (GaAs). Dies ist darauf zurückzuführen, daß der größte Teil des Zinks vor dem Gold auf der Halbleiteroberfläche abgeschieden wird, wodurch zunächst Zinkkristallite aufwachsen, mit der Folge, daß sich der gesamte Metallfilm leicht abschälen läßt. Andererseits behindert der Zinkfilm auf der Halbleiteroberfläche die Reaktion zwischen dem Gold in der Metallschicht und dem Gallium des Halbleiterkristalls zu Gold-Gallium. Diese Reaktion ist jedoch für die Bildung des ohmschen Kontakts notwendig. Ein weiterer Nachteil des Verfahrens liegt darin, daß die Zusammensetzung des AuZn-Films wegen der sehr unterschiedlichen Dampfdrücke von Gold und Zink schwierig zu kontrollieren und zu reproduzieren ist.

Aus der JP 54-152 483 A2 ist ein ähnliches Verfahren zur Herstellung eines Kontaktes auf GaP durch gleichzeitige Verdampfung einer Gold-Zink-Legierung und Gold bekannt, wobei die abgeschiedene Metallschicht anschließend durch eine weitere Goldschicht verstärkt wird. Auch dieses bekannte Verfahren führt zu den gleichen Nachteilen, insbesondere zu einem hohen Kontaktwiderstand und aufgrund der unkontrollierten Entmischung der Au-Zn-Legierung während des Aufheizens der Quelle zu einem kaum reproduzierbaren Verfahren.

Ein verbessertes Verfahren wird in US 3,702,290 sowie gleichen Inhalts in Solid State Electronics 1971, Vol. 14, pp. 515—517 "Ohmic contacts to epitaxial p-GaAs", von H. J. Gopen und A. Y. C. Yu beschrieben. Die Verdampfung einer AuZn-Legierung wird ersetzt durch die Kathodenzerstäubung von Zink und Gold. Auf dem Halbleiterkristall wird durch sequentielles Sputtern von Zink und Gold eine Zn/Au-Schicht abgeschieden. Durch die Sputterabscheidung der Zinkschicht wird die Haftung auf dem Halbleiterkristall deutlich verbessert. Auch dieses Verfahren kann jedoch in zweierlei Hinsicht nicht befriedigen. Da Zink ein sehr unedles Metall ist, wird es durch nahezu alle in der Halbleitertechnik verwendeten Ätzlösungen angegriffen. Insbesondere dann, wenn das Zink wie hier zwischen dem Halbleiterkristall und dem Edelmetall Gold in elementarer Form

eingebettet ist, besteht die Gefahr, daß die Metallschicht während der vielen chemischen Verfahrensschritte, die zur Herstellung eines elektronischen Bauelements erforderlich sind, angegriffen wird und die Metallhaftung verlorenght. Ein weiterer Nachteil des gesputterten Zn/Au-Kontakts ist dessen hoher Kontaktwiderstand. Zur Bildung des ohmschen Kontakts wird die Metallschicht für 5 min bei 500°C legiert. Danach beträgt der Kontaktwiderstand typisch  $4,35 \cdot 10^{-4} \Omega \text{cm}^2$  bei einer Ladungsträgerkonzentration im Halbleiterkristall von  $6,25 \cdot 10^{18} \text{cm}^{-3}$ .

Ein weiteres Verfahren zur Herstellung eines AuZn-Kontakts auf p-leitendem Gallium-Arsenid (GaAs) ist in der Druckschrift EP-A-0 386 775 beschrieben. Statt das Zink direkt auf den Halbleiterkristall aufzubringen, wird zunächst eine dünne Goldschicht als Haftschrift aufgebracht. Auf die erste Goldschicht folgen eine Zinkschicht und eine zweite Goldschicht. Der so hergestellte Sandwich aus Au/Zn/Au wird dann 4 min bei 450°C legiert, um den ohmschen Kontakt zu bilden. Da das Zink als diskrete Schicht aufgebracht wird, gelten auch für diesen Kontakt ein Teil der schon angeführten Nachteile.

Zu entsprechenden Nachteilen führt auch das in den Druckschriften Solid-State Electronics, Vol. 29, No. 3, 1986, pp. 279—286 und J. Electrochem. Soc., Vol. 136, No. 10, Oct. 1989, pp. 3123—3129 beschriebene Verfahren zur Herstellung eines aus drei diskreten Schichten Gold-Zink-Gold bestehenden Kontaktes auf einem III-V-Verbindungshalbleiter bzw. p-dotiertem GaAs.

Insbesondere kann der Kontakt wegen der lokal sehr hohen Zinkkonzentration von Säuren und Basen angegriffen werden, weswegen auch dieses Verfahren für eine industrielle Fertigung nur bedingt geeignet ist.

Ein einem Teil der beschriebenen Verfahren anhaftender Nachteil ist die Tatsache, daß zur Bildung der ohmschen Kontakte das Legieren verwendet wird. Beim Legieren wird der Metallfilm auf dem Halbleiterkristall bis zur Verflüssigung erwärmt. Legierprozesse sind technologisch schwer zu beherrschen und ergeben Kontakte mit schlechter Morphologie und unregelmäßigen Kontaktträndern. Daher ist auch eine Einhaltung der Maßhaltigkeit nur eingeschränkt möglich.

Die Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein Verfahren zur wirtschaftlichen Herstellung von ohmschen Kontakten auf einer p-dotierten Halbleiterschicht eines III-V-Verbindungshalbleiters anzugeben, die eine gute Haftung aufweisen, einen niedrigen Kontaktwiderstand haben und frei von den Inhomogenitäten legierter Kontakte sind.

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst. Hiernach wird zunächst eine Au/AuZn/Au-Schichtenfolge erzeugt, indem auf den Halbleiterkristall durch simultane Verdampfung oder Kathodenzerstäubung von Gold und Zink eine AuZn-Schicht gebildet wird, wobei jedoch die Zinkabscheidung zur Bildung der ersten Goldschicht der genannten Schichtenfolge verzögert einsetzt und zur Bildung der zweiten Goldschicht vorzeitig beendet wird.

Die AuZn-Schicht enthält mehr als 0,2 und weniger als 12 Gew.% Zink, vorzugsweise liegt der Zinkgehalt zwischen 2 und 5 Gew.%. Da das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung des ohmschen Kontakts anstatt eines Legierprozesses eine Temperung vorzieht, bei der die Temperatur unterhalb der eutektischen Temperatur der beteiligten Metalle liegt, kommt es während der Herstellung des Kontakts nicht zur Verflüssigung und zur anschließenden Rekristallisation des

AuZn-Films. Da der Schmelzpunkt der beteiligten Metalle nicht erreicht wird, entsteht der ohmsche Kontakt in einer Festkörperreaktion an der Grenzfläche zwischen Metall und Halbleiter durch die Diffusion der Zinkatome aus der AuZn-Schicht in die Oberfläche des p-leitenden III-V-Verbindungshalbleiters. Der erfindungsgemäße Kontakt ist einfach und gut reproduzierbar herzustellen, haftet gut, insbesondere auf p-leitendem Gallium-Arsenid (GaAs) und ist wegen der durchgehend nicht zu hohen Zinkkonzentration in der Metallschicht unempfindlich gegen die gebräuchlichsten, Gold nicht angreifenden Ätzlösungen. Schließlich liegt der Kontaktwiderstand im Vergleich zum oben genannten Widerstandswert von bekannten Kontakten um eine Zehnerpotenz niedriger.

Bei einer vorteilhaften Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird als Temperprozeß eine Kurzzeittemperung (Rapid-Thermal-Processing, RTP) bei einer Temperatur zwischen 360 und 480°C für eine Zeitdauer von 5 bis 20 s vorgeschlagen.

Dieser RTP-Prozeß kann auch durch einen konventionellen Ofenprozeß ersetzt werden, der bei einer Temperatur zwischen 300 und 400°C für eine Zeitdauer von 40 bis 120 min durchgeführt wird.

Gemäß einer anderen vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung weist die erste Goldschicht der Au/AuZn/Au-Schichtenfolge eine Dicke zwischen 5 und 50 nm auf. Dabei kann die Gesamtdicke der Au/AuZn/Au-Schichtenfolge einen Wert zwischen 200 und 500 nm annehmen.

Ein besonders bevorzugter Kontakt kann dadurch hergestellt werden, daß der Zinkgehalt der AuZn-Schicht ca. 3 Gew.% und die Dicke der Au/AuZn/Au-Schichtenfolge ca. 300 nm betragen. Vorzugsweise wird dabei ein RTP-Temperprozeß bei einer Temperatur von 420°C für eine Zeitdauer von 15 s durchgeführt.

Die Temperung kann in einer inerten oder in einer reduzierten Atmosphäre in vorteilhafter Weise erfolgen.

Falls die mit dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Kontakte mittels eines Drahtbondverfahrens kontaktiert werden, können diese Kontakte mit einer aus TiWN-Schicht bestehenden Diffusionsbarriere und einer Al- oder AlSi-Schicht verstärkt werden. Vorzugsweise beträgt die Dicke der TiWN-Schicht ca. 0,25 µm und die Dicke der Al- bzw. AlSi-Schicht ca. 2,0 µm. Die beiden genannten Schichten können mittels eines Sputterverfahrens hergestellt werden.

Im folgenden wird das erfindungsgemäße Verfahren anhand von Zeichnungen dargestellt und erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 schematisch den zeitlichen Ablauf des Verfahrens zur Herstellung eines ohmschen Kontakts,

Fig. 2 einen Querschnitt durch einen mit dem Verfahren hergestellten ohmschen Kontakt vor der Temperaturoberbehandlung,

Fig. 3 einen Querschnitt durch einen Kontakt gemäß Fig. 2 mit einer TiWN/Al-Verstärkung vor der Temperaturoberbehandlung,

Fig. 4 ein Diagramm zur Darstellung der Abhängigkeit des spezifischen Kontaktwiderstands eines mit dem Verfahren hergestellten Kontakts von der bei der Kurzzeittemperung eingestellten Temperatur für verschiedene Zinkkonzentrationen,

Fig. 5 ein Diagramm zur Darstellung der Abhängigkeit des spezifischen Kontaktwiderstands eines mit dem Verfahren hergestellten Kontakts von der bei der Kurzzeittemperung eingestellten Temperatur für eine Zink-

konzentration von 2 Gew.% in einem größeren Temperaturintervall,

Fig. 6 ein Diagramm zur Darstellung der Abhängigkeit des spezifischen Kontaktwiderstands eines mit dem Verfahren hergestellten Kontakts vom Zinkgehalt des getemperten Kontakts und

Fig. 7 ein Diagramm zur Darstellung der Abhängigkeit des spezifischen Kontaktwiderstands eines mit dem Verfahren hergestellten Kontakts von der Dotierung der kontaktierten Halbleiterschicht für zwei verschiedene Zinkkonzentrationen.

Der erste Schritt des erfindungsgemäßen Verfahrens wird zunächst anhand der Fig. 1 erläutert. Dieser Verfahrensschritt ist ein Abscheidungsprozeß, der mittels thermischem Verdampfen aus einer Au- und einer Zn-Quelle oder mittels Kathodenzerstäuben von einem Au- und einem Zn-Target durchführbar ist. Diese Methoden sind bekannt und werden deshalb im einzelnen nicht erläutert. Das Verfahren nach Fig. 1 beginnt mit der Abscheidung von Gold mit einer Depositionsrate von 0,2 nm/s. Nach 50 s wird zusätzlich Zink abgeschieden, mit einer Abscheidungsrate von ebenfalls 0,2 nm/s. Die simultane Abscheidung von Gold und Zink dauert 180 s, wird also nach 230 s seit Beginn der Goldabscheidung beendet, wobei die Goldabscheidung mit einer erhöhten Abscheidungsrate von 1 nm/s weitergeführt wird. Nach 434 s erreicht der Prozeß sein Ende.

In diesem Zeitpunkt beträgt die Gesamtdicke der hergestellten Au/AuZn/Au-Schichtenfolge ca. 0,28 µm, wobei die Zinkkonzentration in der AuZn-Schicht bei ca. 3 Gew.% liegt. Die Dicke der ersten Goldschicht bei Beginn des Verfahrens liegt bei 10 nm, kann jedoch bis auf einen Wert von ca. 50 nm erhöht werden, ohne daß sich dies nachteilig auf den Kontaktwiderstand auswirkt. Die Dicke der Au/AuZn/Au-Schichtenfolge sollte im Bereich zwischen 200 und 500 nm liegen. Eine nach dem Abscheidungsprozeß gemäß Fig. 1, also am Ende des ersten Verfahrensschrittes, auf einer p-leitenden Halbleiterschicht 1 eines III-V-Verbindungshalbleiters, beispielsweise Gallium-Arsenid (GaAs), abgeschiedene Au/AuZn/Zn-Schichtenfolge 2 zeigt die Fig. 2. Diese Schichtenfolge 2 besteht aus einer Goldschicht 2a, einer Gold-Zink-Schicht 2b und einer weiteren Goldschicht 2c, wobei diese Schichten ausgehend von der GaAs-Halbleiterschicht 1 aufeinanderliegend angeordnet sind.

Diese Schichtenfolge 2 wird wie oben im Zusammenhang mit der Beschreibung des ersten Verfahrensschrittes in einem einzigen Arbeitsgang hergestellt. Dabei wird das Aufdampfen bzw. Kathodenzerstäuben bei einem Basisdruck von ca.  $2 \cdot 10^{-5}$  Pa durchgeführt. Hierbei wird Zink nicht allein, sondern ausschließlich in Verbindung mit Gold abgeschieden, so daß die Au/AuZn/Au-Schichtenfolge an keiner Stelle Zink in reiner Form enthält.

Bei dem sich nun anschließenden Tempersschritt, der den zweiten Verfahrensschritt des erfindungsgemäßen Verfahrens darstellt, wird die in dem vorangegangenen ersten Verfahrensschritt gebildete Au/AuZn/Au-Schichtenfolge 2 durch ein Rapid-Thermal-Processing (RTP) bei einer Temperatur zwischen 360 und 480°C für eine Zeitdauer zwischen 5 und 20 Sekunden getempert, um die ohmschen Kontakte zu erzeugen. Dieser Kurzzeittempersschritt findet in der inerten Atmosphäre eines inaktiven Gases wie z. B. N<sub>2</sub> oder Ar statt. Der ohmsche Kontakt entsteht durch Diffusion der Zinkatome aus der AuZn-Schicht 2b in die Oberfläche des p-leitenden III-V-Verbindungshalbleiters 1.

Alternativ zu der Kurzzeittemperung kann auch ein

konventioneller Temperprozeß durchgeführt werden. In diesem Fall liegt die Prozeßtemperatur zwischen 300 und 400°C. Die Temperzeit beträgt zwischen 40 Minuten und 2 Stunden. Die Temperung wird in einer inerten Atmosphäre von z. B. N<sub>2</sub> — oder Ar-Gas durchgeführt. Der Temperprozeß kann jedoch auch in einer reduzierenden Atmosphäre durchgeführt werden.

Wenn der mit dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellte AuZn-Kontakt 2 mit Hilfe eines Drahtbondverfahrens durch einen oder mehrere dünne Bonddrähte aus Gold oder Aluminium kontaktiert werden soll, ist es notwendig, den AuZn-Kontakt 2 durch eine oder mehrere zusätzliche Metallschichten zu verstärken, um eine Beschädigung des ohmschen Kontakts 2 und des Halbleiterkristalls 1 während des Bondens zu vermeiden. Als Bondpad wird bevorzugt Aluminium verwendet. Um das Zusammenlegieren des ohmschen Kontakts 2 und der Aluminiumverstärkung während des Tempersschritts zu verhindern, wird zwischen dem erfindungsgemäßen Kontakt und der Aluminiumschicht eine Diffusionsbarriere vorzugsweise aus Titan-Wolfram-Nitrid (TiWN) vorgesehen. Die Sperre und die Aluminiumverstärkung weisen eine typische Dicke von 0,25 µm bzw. 2 µm auf und werden durch Kathodenzerstäubung abgeschieden. Statt des Aluminiums kann auch eine AlSi-Legierung verwendet werden, die korrosionsbeständiger als reines Aluminium ist. Einen entsprechenden Aufbau des AuZn-Kontakts zeigt die Fig. 3. Dabei ist mit dem Bezugszeichen 2, die aus Fig. 2 bekannte Au/AuZn/Au-Schichtenfolge bezeichnet, die auf einer p-leitenden GaAs-Schicht 1 angeordnet ist. Auf der Schichtenfolge 2 ist die oben erwähnte Diffusionsbarriere 3 abgeschieden, auf der eine Al-Schicht 4 oder eine AlSi-Legierungsschicht 3 angeordnet ist.

Auch die in Fig. 3 gezeigte Halbleiterstruktur wird einer Temperung unterzogen, wie dies schon oben im Zusammenhang mit der Erläuterung der Struktur nach Fig. 2 dargestellt wurde.

Fig. 4 zeigt die Abhängigkeit des spezifischen Kontaktwiderstands eines mit dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Kontakts von der bei der Kurzzeittemperung eingestellten Temperatur. Die Temperzeit beträgt 15 Sekunden. Der Halbleiterkristall 1 ist in diesem Beispiel aus p-leitenden GaAs mit einer <100>-Orientierung. Die Ladungsträgerkonzentration an der Oberfläche beträgt etwa  $4 \cdot 10^{18}$  Ladungsträger pro cm<sup>3</sup>. Die Zinkkonzentration in der Metallschicht wurde durch die Variation von Abscheidungsrate und Abscheidungszeit zwischen 0,2 und 5,0 Gew.% gezielt verändert. Dem Diagramm ist zu entnehmen, daß der Kontaktwiderstand oberhalb von etwa 380°C unempfindlich gegen eine weitere Erhöhung der Prozeßtemperatur wird und daß der Kontaktwiderstand in dem untersuchten Konzentrationsbereich mit zunehmender Zinkkonzentration abnimmt.

Fig. 5 zeigt die Abhängigkeit des spezifischen Kontaktwiderstands eines mit dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Kontakts von der bei der Kurzzeittemperung (RTP) eingestellten Temperatur für eine Zinkkonzentration von 2 Gew.% in einem größeren Temperaturintervall. Der Kontaktwiderstand ist bereits bei dieser vergleichsweise geringen Zinkkonzentration weitgehend unempfindlich gegen eine Veränderung der Temperatur. Der Minimalwert wird bei einer Prozeßtemperatur um die 400 bis 440°C erreicht.

Fig. 6 zeigt die Abhängigkeit des spezifischen Kontaktwiderstands vom Zinkgehalt des getemperten Kontakts. Oberhalb von etwa 2,5 Gew.% Zink erreicht der

Kontaktwiderstand seinen Minimalwert. Eine Erhöhung der Zinkkonzentration deutlich über diesen Wert hinaus verringert die Beständigkeit des Kontakts gegen den Angriff der gebräuchlichsten Ätzlösungen, ohne daß eine weitere Absenkung des Kontaktwiderstands zu realisieren wäre. Durch die Kurzzeittemperung des Metall-Halbleiterkontakts für 15 s bei 420°C läßt sich ein Kontaktwiderstand von etwa  $4 \cdot 10^{-5} \Omega \text{cm}^2$  erzielen.

Das Diagramm von Fig. 7 zeigt die Abhängigkeit des spezifischen Kontaktwiderstands von der Dotierung der kontaktierten Halbleiterschicht für zwei verschiedene Zinkkonzentrationen, nämlich für 0,5 und 5,0 Gew.%. Der Kontaktwiderstand sinkt demgemäß im Fall von 5 Gew.% Zink von etwa  $4 \cdot 10^{-5} \Omega \text{cm}^2 \text{cm}$  bei  $3 \cdot 10^{18}$  Ladungsträger pro cm<sup>3</sup> auf etwa  $1,8 \cdot 10^{-5} \Omega \text{cm}^2$  bei  $9 \cdot 10^{18}$  Ladungsträger pro cm<sup>3</sup>.

Im folgenden soll die Verwendung eines mit dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Kontaktes für optoelektronische Bauelemente aufgezeigt werden.

Zur Herstellung einer Einfachheterostruktur auf einem p-leitenden GaAs-Substrat wird mittels Flüssigphasenepitaxie eine n-leitende Ga<sub>0,32</sub>Al<sub>0,68</sub>As-Schicht und eine p-leitende Ga<sub>0,65</sub>Al<sub>0,35</sub>As-Schicht zur Bildung eines po-Überganges erzeugt. Die Ladungsträgerkonzentration in dem p-leitenden GaAs-Substrat beträgt  $9 \cdot 10^{18} \text{cm}^{-3}$ . Auf die Rückseite des p-leitenden GaAs-Substrats wird mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens durch Verdampfung von Au und Zn eine 0,28 µm dicke Au/AuZn/Au-Schichtenfolge aufgebracht. Anschließend wird diese Metallschicht durch einen RTP-Verfahrensschritt bei 420°C für 15 s getempert.

Der so hergestellte Kontakt hat eine glatte Oberfläche und haftet gut auf der Halbleiteroberfläche. Der Kontaktwiderstand beträgt etwa  $2 \cdot 10^{-5} \Omega \text{cm}^2$ .

Zur Herstellung einer Doppelheterostruktur auf einem n-leitenden GaAs-Substrat wird ebenfalls mittels Flüssigphasenepitaxie eine n-leitende Ga<sub>0,60</sub>Al<sub>0,40</sub>As-Schicht, eine p-leitende Ga<sub>0,97</sub>Al<sub>0,03</sub>As-Schicht und eine p-leitende Ga<sub>0,60</sub>Al<sub>0,40</sub>As-Schicht erzeugt. Der Al-Gehalt der oberen p-leitenden Ga<sub>0,60</sub>Al<sub>0,40</sub>As-Mantelschicht fällt zur Oberfläche hin auf einen Wert nahe Null ab. Die Ladungsträgerkonzentration an der Oberfläche beträgt  $1 \cdot 10^{18} \text{cm}^{-3}$ . Auf der Oberfläche der p-leitenden Mantelschicht wird mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens durch Verdampfung von Au und Zn eine 0,28 µm dicke Au/AuZn/Au-Schichtenfolge aufgebracht. Anschließend wird diese Schichtenfolge mittels Kathodenzerstäubung mit einer 0,25 µm dicken TiWN-Diffusionsbarriere und einer 2 µm dicken Al-Verstärkung versehen. Nach der Abscheidung dieser Metallschichten wird der Kontakt mit Hilfe einer Fotolackmaske naßchemisch strukturiert. Die nicht benötigten Teile der Aluminiumschicht werden mit Phosphorsäure entfernt, die TiWN-Schicht wird mit Wasserstoffperoxid und die Au/AuZn/Au-Schichtenfolge mit einer Goldätze strukturiert. Nach dem Entfernen der Fotolackmaske wird der Kontakt schließlich durch einen RTP-Verfahrensschritt bei 420°C für 15 s getempert.

Der so hergestellte Kontakt hat eine glatte Oberfläche und läßt sich zuverlässig drahtbonden. Der Kontaktwiderstand beträgt etwa  $6 \cdot 10^{-5} \Omega \text{cm}^2 \text{cm}$ .

Das erfindungsgemäße Verfahren ist nicht nur für Kontakte auf p-leitendem GaAs geeignet, sondern ebenso für andere III-V-Verbindungshalbleiter, wie beispielsweise Gallium-Phosphid (GaP), Indium-Phosphid (InP), Indium-Arsenid (InAs) sowie Mischkristallreihen GaAs<sub>1-x</sub>P<sub>x</sub> und Ga<sub>1-x</sub>Al<sub>x</sub>As.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines ohmschen Kontakts auf einer p-leitenden Halbleiterschicht (1) eines III-V-Verbindungshalbleiters, mit folgenden 5  
Verfahrensschritten:

a) In einem ersten Verfahrensschritt wird eine Au/AuZn/Au-Schichtenfolge (2) auf der Halbleiterschicht (1) hergestellt, indem zunächst eine Gold (Au)-Schicht (2a), anschließend durch 10  
simultane Verdampfung oder Kathodenzerstäubung von Gold (Au) und Zink (Zn) eine AuZn-Schicht (2b) und schließlich eine weitere Gold (Au)-Schicht (2c) abgeschieden wird, wobei der Zinkgehalt der AuZn-Schicht (2b) zwischen 0,2 und 12 Gew.% liegt und 15

b) in einem zweiten Verfahrensschritt wird die Au/AuZn/Au-Schichtenfolge (2) mit einer unter der eutektischen Temperatur liegenden Temperatur getempert. 20

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Zinkgehalt der AuZn-Schicht (2b) zwischen 2 und 5 Gew.% liegt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Temperung mittels einer Kurzzeitemperung (Rapid-Thermal-Processing, RTP) bei einer Temperatur zwischen 360 und 480°C für eine Zeitdauer von 5 bis 20 s durchgeführt wird. 25

4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Temperung in einem Ofen bei einer Temperatur zwischen 300 und 400°C für eine Zeitdauer von 40 bis 120 min durchgeführt wird. 30

5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die erste Au-Schicht (2a) eine Dicke aufweist, deren Wert zwischen 5 und 50 nm liegt. 35

6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Au/AuZn/Au-Schichtenfolge (2) eine Dicke aufweist, deren Wert zwischen 200 und 500 nm liegt.

7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei der Zinkgehalt der AuZn-Schicht (2b) ca. 3 Gew.% und die Dicke der Au/AuZn/Au-Schichtenfolge (2) ca. 300 nm betragen. 40

8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei die Au/AuZn/Au-Schichtenfolge (2) bei einer Temperatur von 420°C für eine Zeitdauer von 15 s kurzzeitgetempert wird. 45

9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die RTP-Temperung und die Ofen-Temperung in einer inerten Atmosphäre erfolgen. 50

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die RTP-Temperung und die Ofen-Temperung in einer reduzierenden Atmosphäre erfolgen.

11. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei nach dem ersten Verfahrensschritt auf die Au/AuZn/Au-Schichtenfolge (2) zunächst eine TiwN-Schicht (3) und anschließend eine Al- oder AlSi-Schicht (4) aufgesputtert werden. 55

12. Verfahren nach Anspruch 11, wobei die TiwN-Schicht (3) eine Dicke von ca. 0,25 µm und die Al- bzw. AlSi-Schicht (4) eine Dicke von ca. 2 µm aufweist. 60

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

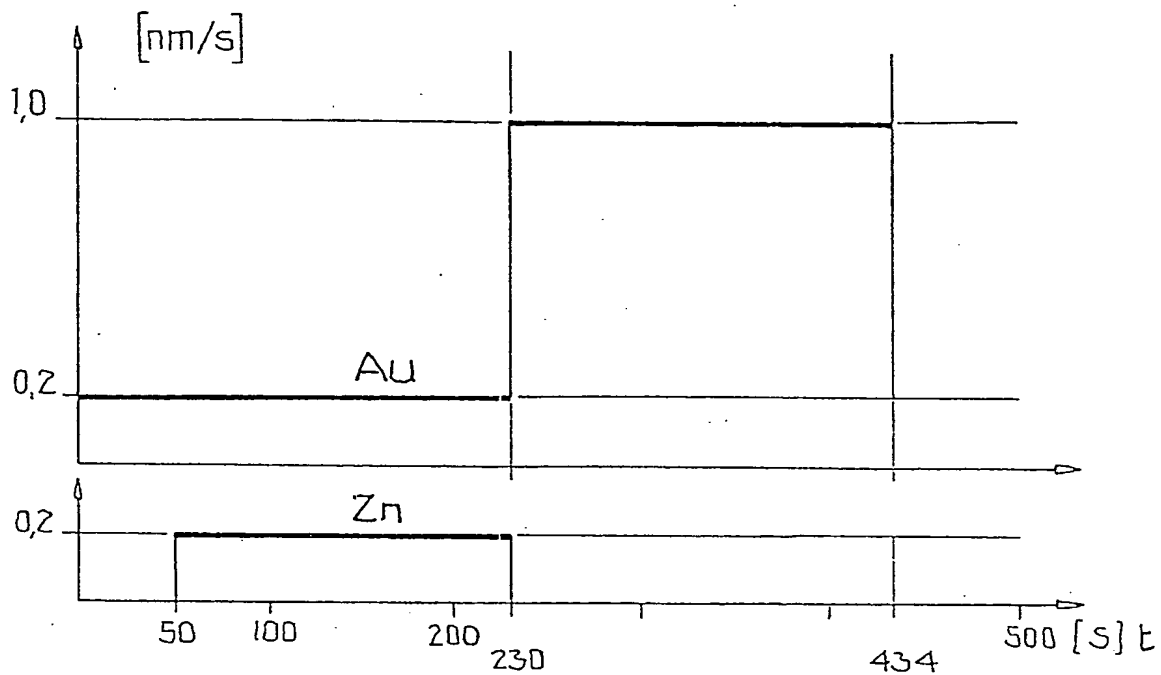


FIG. 1

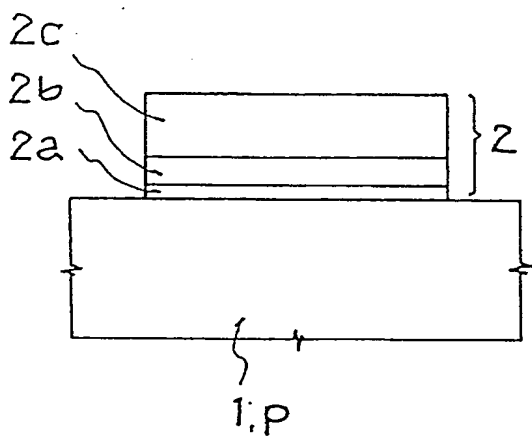


FIG. 2

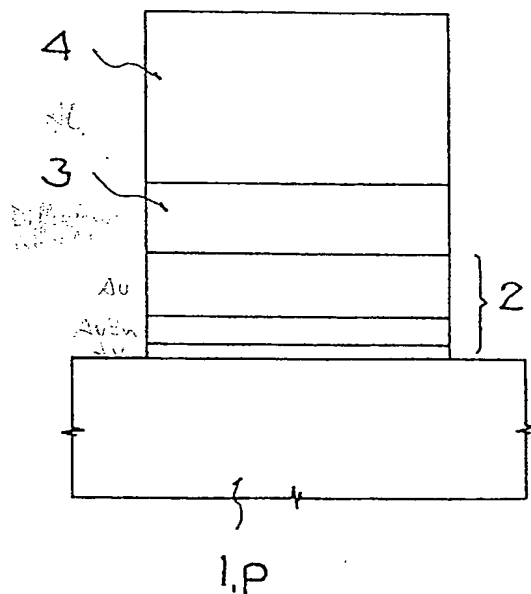


FIG. 3

